



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07029898 A**(43) Date of publication of application: **31 . 01 . 95**

(51) Int. Cl.
H01L 21/31
C23C 14/10
C30B 25/14
H01L 21/316

(21) Application number: **05175738**(22) Date of filing: **15 . 07 . 93**(71) Applicant: **OMI TADAHIRO**(72) Inventor: **OMI TADAHIRO**(54) **MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR**

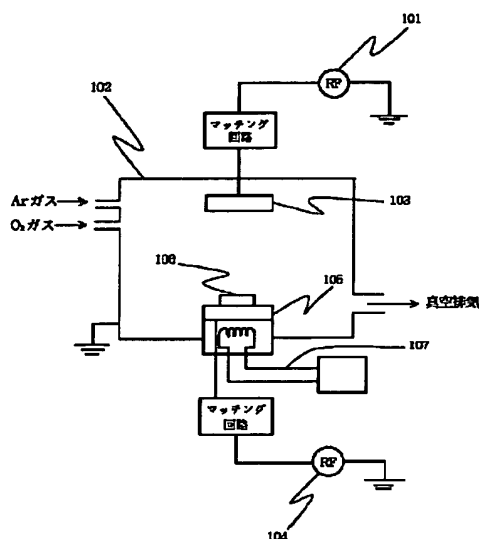
(57) Abstract:

PURPOSE: To form an oxide film having a highly insulating characteristic obtained through a low-temperature processing, by forming the oxide film in the plasma atmosphere of a mixed gas including an inert gas and oxygen gas, and by making the oxide film contain the inert gas, in the process for forming the oxide film.

CONSTITUTION: An Si wafer 106 is heated to 450°C by a heater 107, and the pressure values of Ar and O₂ gases are made respectively 30mTorr and 0.1 mTorr, and further, by the application of a high-frequency electric field to an upper electrode 103 through a high-frequency power supply 101, the mixed gas containing the Ar and O₂ gases is discharged. At this time, the plasma potential of the mixed gas containing Ar and O₂ gases is 15V. On the other hand, when a high-frequency electric field is applied to a lower electrode 105 through a high-frequency power supply 104, the potential of -1V is generated on the surface of the Si wafer 106. Therefore, the potential difference between the mixed gas containing the Ar and O₂ gases and the surface of the Si wafer 106 becomes 16V, and the enough bombardment with Ar⁺ ions of the surface of the Si wafer 106 is made possible. By this bombardment with

Ar⁺ ions, the Si oxide film can contain Ar.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/31				
C 2 3 C 14/10		9271-4K		
C 3 0 B 25/14		9040-4G		
H 0 1 L 21/316	X	7352-4M		
H 0 1 L 21/ 31 C				審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-175738

(22) 出願日 平成5年(1993)7月15日

(71) 出願人 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

(72) 発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2の1の17の301

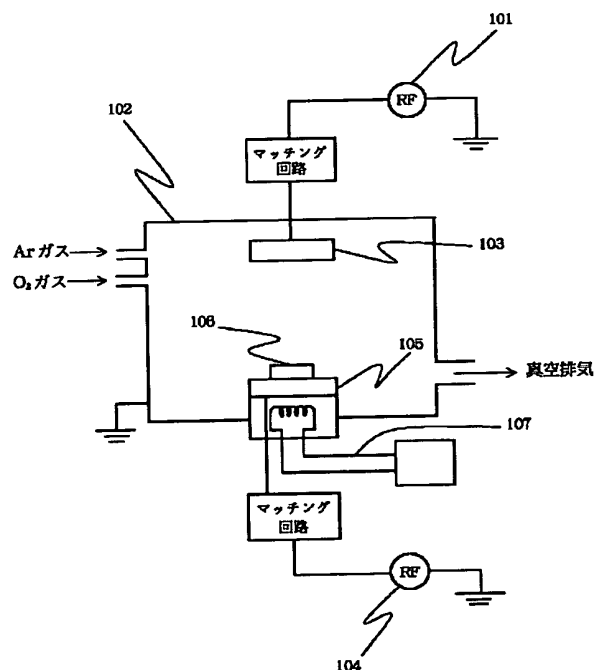
(74) 代理人 弁理士 福森 久夫

(54) 【発明の名称】 半導体製造方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、低温処理でありながら極めて高い絶縁特性を有する酸化膜を形成することを可能とする高特性半導体の製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 半導体ウエハまたは金属薄膜表面を酸化し酸化膜を形成する工程において、不活性ガス及び酸素ガスを含む混合ガスのプラズマ雰囲気中で酸化膜を形成し、該酸化膜中に不活性ガスを含有させることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウエハまたは金属薄膜表面を酸化し酸化膜を形成する工程において、不活性ガス及び酸素ガスを含む混合ガスのプラズマ雰囲気中で酸化膜を形成し、該酸化膜中に不活性ガスを含有させることを特徴とする半導体製造方法。

【請求項2】 前記酸化膜は、ゲート酸化膜であることを特徴とする請求項1に記載の半導体製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体製造方法に係わり、特に半導体の製造工程における酸化工程に適合した半導体製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】 LSI製造プロセスで広く用いられている酸化法には常圧下でのドライ酸化法とウェット酸化法がある。いずれの場合も、900℃～1000℃という高温で酸素ガスを導入しながら酸化を行うものであるため、ウエハの熱歪、不純物再分布という問題が生じる。

【0003】 そこで近年、酸素プラズマによる低温酸化の検討が試みられている。これは数10mTorr～数100mTorrの酸素ガス中に高周波電界を印加し、 O^+ や O_2^+ を生成させて酸化膜を形成する方法である。酸素イオンあるいは励起状態にある O_2 雰囲気中にシリコンなどの半導体ウエハを置くことにより、900℃以下のウエハ温度で、酸化膜を形成することが可能となる。

【0004】 図5は、シリコンウエハ温度が450℃の場合、酸素プラズマで生成するシリコン酸化膜の膜厚と酸化時間との関係を示したものである。このときの酸素ガス圧は6mTorrであり、周波数100MHz、50Wの高周波電界を印加して、酸素プラズマを生成している。図が示すように、酸化時間に伴いシリコン酸化膜が増加しており、酸素プラズマ中でシリコンウエハ表面が酸化されていることが分かる。

【0005】 しかし、上記従来技術では、半導体ウエハ表面層と酸化膜との界面において、半導体ウエハ表面層原子と酸素との結合状態は、酸化膜中での結合状態と異なるものとなる。図6は、酸素プラズマ中でシリコンウエハを酸化して形成したシリコン酸化膜(47Å)のX線光電子分光スペクトルである。ここで使用したX線源はAlK α である。図には、 Si_{2p} に起因する3本のピークが観られる。即ち、シリコンウエハからのピーク2bと SiO_2 からのピーク2aの他に、ピーク2cが観られる。このピーク2cはSiとシリコン酸化膜との界面あるいはシリコン酸化膜中に SiO_2 以外のSiとOの結合があることを示している。Siとシリコン酸化膜との界面あるいはシリコン酸化膜中に SiO_2 以外のSiとOの結合があると、酸化膜の絶縁耐圧不良が発生しやすくなる。

【0006】 図7は、酸素プラズマ中で、シリコンウエハを酸化させて酸化膜を形成し、更に酸化膜上にAl電極を形成したMOSダイオードの絶縁耐圧分布を調べたものである。熱酸化膜の場合、絶縁耐圧は10MV/cm以上であるのに対し、 O_2 プラズマによる酸化膜では絶縁耐圧は最大でも6MV/cmと非常に低い値となっている。

【0007】 以上述べたように、従来の酸素プラズマによる酸化は、低温で酸化膜が得られるという利点はあるものの、得られる酸化膜の絶縁特性は熱酸化膜に比べて大幅に劣るという問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 以上の状況において、本発明は、低温処理でありながら極めて高い絶縁特性を有する酸化膜を形成することを可能とする高特性半導体の製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の半導体製造方法は、半導体ウエハまたは金属薄膜表面を酸化し酸化膜を形成する工程において、不活性ガス及び酸素ガスを含む混合ガスのプラズマ雰囲気中で酸化膜を形成し、該酸化膜中に不活性ガスを含有させることを特徴とする。

【0010】

【作用】 本発明の製造方法によれば、酸化膜形成時に酸化膜中に不活性ガスを含ませることにより、現在のところその理由は明かではないが、半導体ウエハ(あるいは金属薄膜)表面層の原子と酸素原子を安定に結合させることが可能となる。従って、酸化膜の膜質が高品質になり、絶縁耐圧を向上させることが可能となる。しかも、酸化膜形成時に不活性ガスが含まれていれば良く、後の工程で酸化膜から抜け出ても半導体原子(あるいは金属原子)と酸素原子間の安定な結合状態は保たれ、絶縁特性は維持される。

【0011】

【実施例】 以下に本発明に係る半導体製造方法の実施例を図面に基いて説明する。

【0012】 図1は半導体ウエハをプラズマによって酸化する装置の概念図である。本装置の特徴は、高周波電源101によって例えば100MHzの高周波電界を上部電極103に印加させ、チャンバ内に導入された O_2 ガスとArガスを効率よく放電させ、プラズマを生成させる。

【0013】 一方、高周波電源104によって、例えば数10MHzの高周波電界を下部電極105に印加することにより、下部電極105上に置かれた半導体ウエハ106表面の電位を制御することができる。この電位は、高周波電源104の出力を変えることにより、自由に変えることが可能であり、Ar、 O_2 混合プラズマの電位より小さくなるように制御すれば、Arプラズマ中のArイオンを半導体ウエハ106表面上に照射するこ

とができる。また半導体ウエハ106は、ヒータ107によって加熱される。

【0014】この装置によってSiウエハ上に、良質なSiO₂膜を形成することが可能となる。例えばSiウエハ106をヒータ107で450℃まで加熱しておき、Arガス圧力を30mTorr、O₂ガスを0.1mTorrとし、高周波電源101により、100MHz、50Wの高周波電界を上部電極103に印加して、Ar、O₂混合ガスを放電させる。このときのAr、O₂混合ガスのプラズマ電位は15Vである。一方、高周波電源104により、例えば40MHz、5Wの高周波電界を下部電極105に印加すると、Siウエハ106表面上に-1Vの電位が生じる。従って、Ar、O₂混合ガスのプラズマ電位とSiウエハ106表面上の電位の差が16Vとなり、Ar⁺イオンを十分Siウエハ106表面上に照射することが可能となる。このArイオンの照射により、Siウエハ酸化時に、Si酸化膜中にArを含ませることが可能となる。

【0015】本実施例では、Arガス、O₂ガス導入後に放電させ、プラズマを生起させたが、Arガスを導入してプラズマを生起した後、酸素ガスを導入しても良い。この場合、Arイオンによりウエハ表面がクリーニングされた後に酸化膜が形成されるため、酸化膜の絶縁特性は一層向上する。

【0016】次に、以上のようにして作製したシリコン酸化膜中のAr量を求めた。シリコンウエハを加熱し、酸化膜から放出されるAr放出量の温度変化を図2に示す。放出されたAr量は大気圧イオン化質量分析法により求めた。図から明らかなように、温度の上昇に伴い、シリコン酸化膜中からのAr放出量は増加し、この放出量から酸化膜中にAr原子が1×10¹⁴個から5×10¹⁴個含まれていることが分かった。

【0017】図3はX線光電子分光法により、シリコン酸化膜のSi原子とO原子の結合状態を調べたものである。このときの酸化膜厚は60Åである。また、X線源はAlKαを用いた。図が示すように、スペクトルにはシリコンウエハからのピーク6bと酸化膜であるSiO₂からのピーク6aのみ見られるだけで、SiO₂以外のSiとOの結合はないことが分かる。

【0018】図4に、以上の60Åの酸化膜上にAl電極を形成して作製したMOSダイオードの絶縁耐圧分布を示す。絶縁耐圧は最大で9MV/cmであり、図7で示した従来のO₂プラズマのみで酸化膜を形成したときと比較すると耐圧は3MV/cm向上していることが分かる。

【0019】また、Arガスを放出させた酸化膜を用いて作製したMOSダイオードについても同様な測定を行ったところ、図4と同様な結果となった。

【0020】以上の結果から明らかなようにシリコン酸化工程で、酸化膜中にArガスを含ませることによりS

i原子と酸素原子を450℃という低温でも安定に結合させることができ、絶縁耐圧の優れたシリコン酸化膜を形成することができる。

【0021】なお、本実施例ではシリコンウエハの酸化を示したが、シリコンウエハに限定されるものではなく、他の半導体ウエハあるいは半導体ウエハ上に形成された金属薄膜の酸化にも好適に適用される。金属(Ta)表面を実施例と同様にして酸化して得られた金属酸化膜も、シリコン酸化膜と同様、より高い絶縁特性を有することが確認されている。

【0022】また酸化膜厚として60Åの場合を説明したが、この膜厚に限るものではない。さらに酸化膜中に含ませるガスとしてArガスを例としたが、他の不活性ガスでも良い。また、酸化膜中に含ませる不活性ガスの量は1×10¹⁴個から5×10¹⁴個と示したが、この量に限定されないのは言うまでもない。さらに、シリコンウエハ106の温度を450℃としたがこの温度に限定はされない。

【0023】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、酸化膜中に不活性ガスを含ませることにより、半導体ウエハ表面層の原子と酸素原子を低温でも安定に結合させることができ、絶縁耐圧に優れた酸化膜をもつ良好な半導体素子を提供することができる。

【0024】請求項2の発明によれば、酸化膜形成工程で、酸化膜中に効果的に不活性ガスを含ませることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる酸化膜形成装置の要部概略図である。

【図2】本発明によって形成された酸化膜中のArガス放出量の温度依存特性を示すグラフである。

【図3】本発明によって形成された酸化膜中のSiとOの結合状態を示すX線光電子スペクトルである。

【図4】本発明によって形成された酸化膜の絶縁耐圧特性を示すヒストグラムである。

【図5】従来技術による酸化膜厚と酸化時間との関係を示すグラフである。

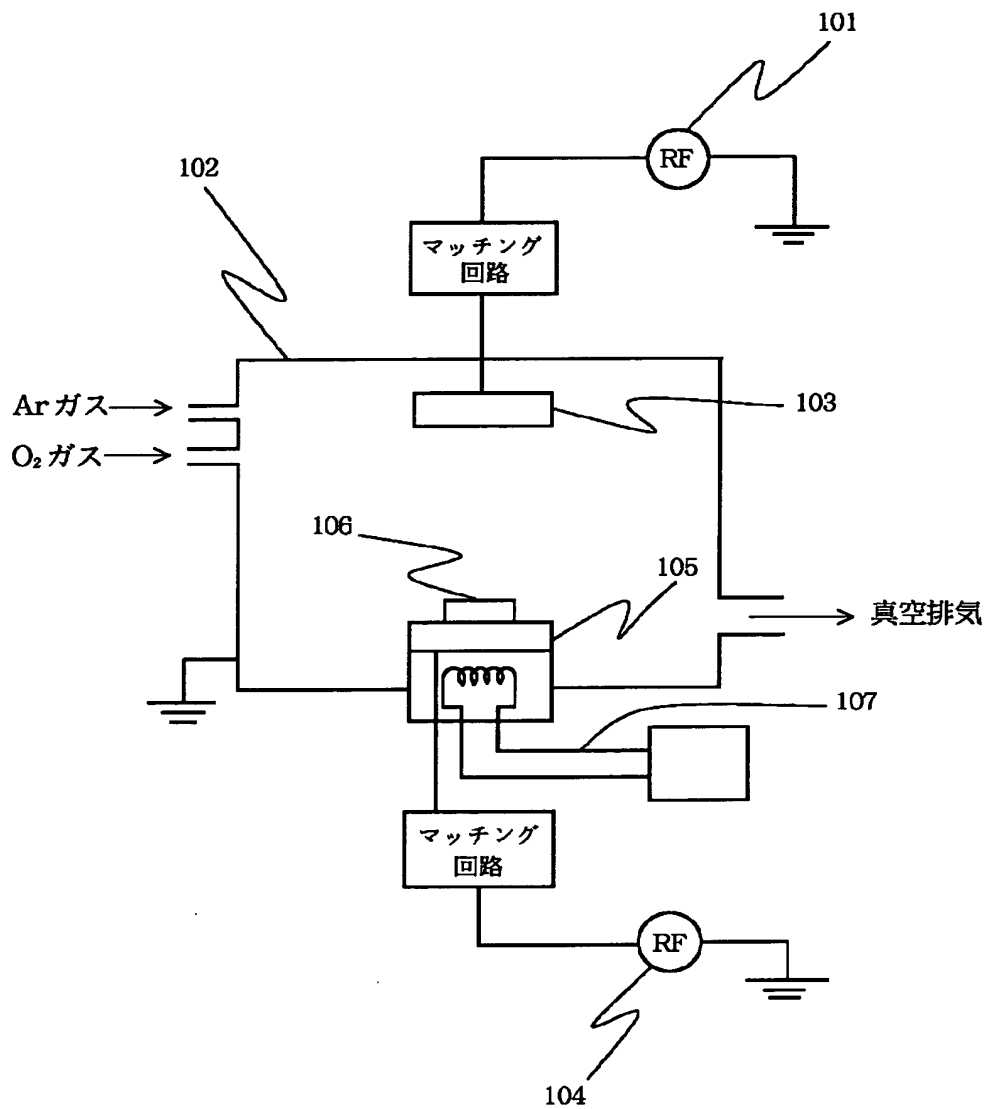
【図6】従来技術によって形成された酸化膜中のSiとOの結合状態を示すX線光電子スペクトルである。

【図7】従来技術によって形成された酸化膜の絶縁耐圧特性を示すヒストグラムである。

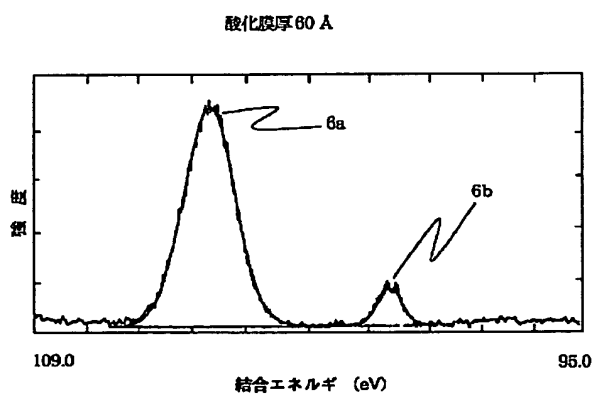
【符号の説明】

- 101 高周波電源、
- 102 真空容器、
- 103 上部電極、
- 104 高周波電源、
- 105 下部電極、
- 106 半導体ウエハ、
- 107 ヒータ。

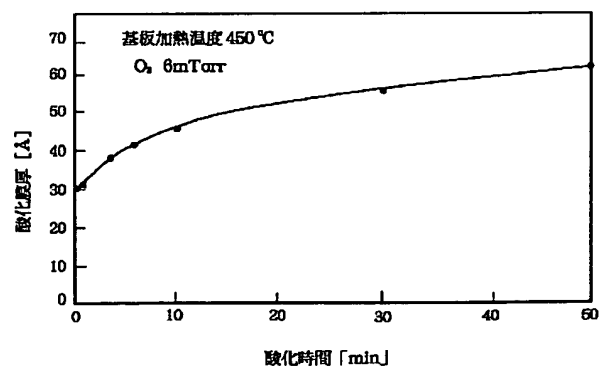
【図 1】



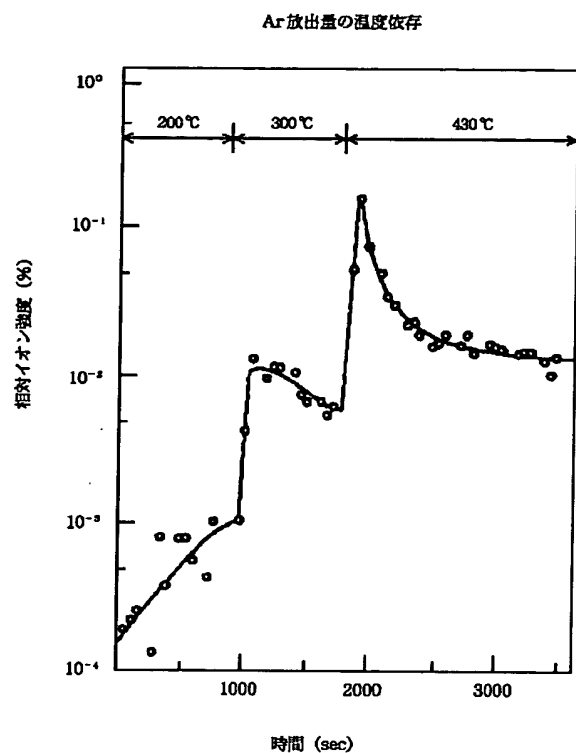
【図 3】



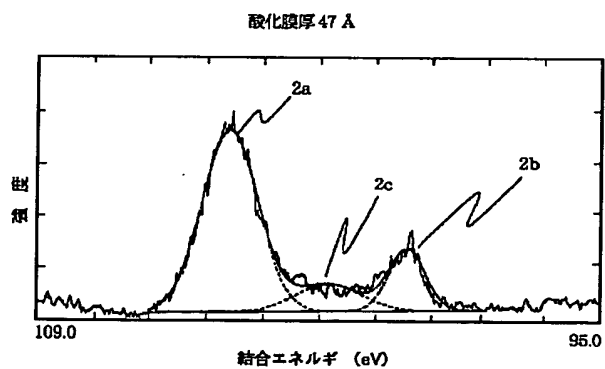
【図 5】



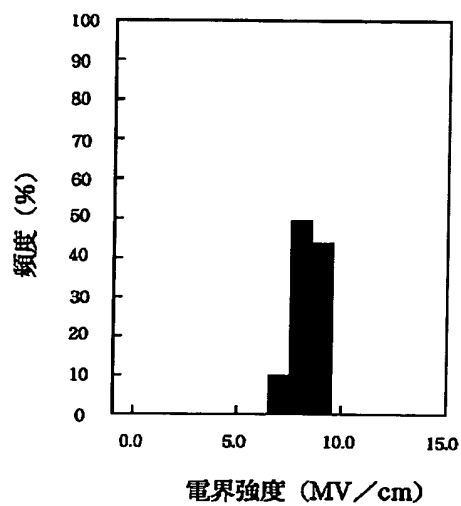
【図 2】



【図 6】



【図 4】



【図 7】

